

二、项目简介

项目简介（限1000字）

历史文化名城（以下简称古城）多尺度精准保护关键技术研究与应用项目是综合利用移动SLAM、倾斜摄影测量、贴近摄影测量、无人机、深度学习、互联网等新型技术实现对古城的精准保护及管控的研究课题。项目由宝略科技（浙江）有限公司、绍兴市历史文化名城保护办公室、深圳飞马机器人科技有限公司三家单位共同投资建设，总投资额1000万元，项目于2017年7月启动，于2020年3月通过专家鉴定验收，鉴定结果为国际先进水平。

本项目选题是针对古城风貌和资源留取、表达、共享、管理难等问题，进行关键技术攻关，对三维实景数据的采集、处理、建模、感知和应用等环节存在的疑难问题进行系统性研究，从而实现古城的高精度数字孪生复制和精准保护。项目的主要研究内容分为四个部分：

(1) 基于高性能低空遥感平台的多尺度数据采集及预处理方面，主要研究基于精细三维地形的无人机变高航线方法、基于海量点云数据的组织与可视化方法、基于插值算法的图像处理方法及数字地形模型的生成方法，显著提高了数据的采集精度和完整性，为古城保护提供多元化数据。

(2) 在多源数据融合的精细化建模与管理方面，主要研究针对倾斜摄影三维实景建模过程中产生的数据处理方法、室内外三维实景的一体化融合方法、城市三维实景数据的网格化编码方法，形成一套高精度的室内外三维实景数据的标准化生产和管理流程。

(3) 在古城保护与管控的智能感知方面，主要研究用于旋翼飞机的视觉跟踪系统、基于监控视频的人脸识别和点云融合的空间定位方法、基于影像识别和点云定位的室内POI自动创建方法，提供立体化的古城信息感知方式，为精细化管控奠定基础。

(4) 在综合运用上述关键技术研究成果基础上，课题组研发了古城精准保护信息管理系统，包括实景三维数据与二维栅格图片的展示平台及其联动方法、基于Unity3D的三维可视化实景展示方法，形成全面、完善且具有前瞻性的保护体系，进而有效辅助古城的保护、管理、运营和开发利用。

项目建设取得了一系列知识产权成果，其中专利13项，软件著作权6项，同时在绍兴等地区得到良好的推广应用，主要服务于古城保护及管控领域。目前已产生直接经济效益1432万元，经济社会效益显著。

三、科技创新

科技创新（限5000字）

1. 立项背景

中国是世界四大文明古国之一，五千年的传承孕育了一批有深厚文化底蕴的城市，这些城市具有重大的历史价值和纪念意义。目前国务院已认定134座国家级历史文化名城，它们体现了中华民族的悠久历史、光荣传统和灿烂文化，是中华民族历代城市文明传承的鲜活证明。党和国家历来高度重视历史文化名城的保护工作，习近平总书记指出：“历史文化是城市的灵魂，要像爱惜自己的生命一样保护好城市历史文化遗产”。一个民族的文化遗产，承载着这个民族的认同感和自豪感；一个国家的文化遗产，代表着这个国家悠久历史文化的“根”与“魂”。保护和传承文化遗产，就是守护民族和国家过去的辉煌、今天的资源、未来的希望。

随着科学技术的发展，历史文化名城对精准保护有了更高的要求：大尺度上对城市的整体风貌进行记录，中尺度上对各类建筑物和构筑物等进行有效表达，小尺度上对建筑物（特别是古建）的内部结构等细节进行精确刻画。如此复杂的数字化需求，传统手段很难满足，主要难点包括不同精度数据的快速获取、海量数据的处理能力，高精模型快速构建，海量模型的快速加载、不同尺度数据的统一管理、数据的智能挖掘等。另一方面，数字化成果存在“重建设，轻应用”等问题，数据没有被有效利用起来，也导致大数据的活力未能得到充分激活。

“城市管理要像绣花一样精细，在城市建设中进行历史文化名城保护，更需绣花一般的精细功夫”，以此为目标，宝略科技（浙江）有限公司于2017年7月启动了“历史文化名城多尺度精准保护关键技术研究与应用”项目，以SLAM、倾斜摄影测量、贴近摄影测量、无人机、深度学习、云服务等技术为支撑，研究多源数据融合的精细化建模与管理技术，基于“一张图”理念，构建古城数据资源中心和智能感知服务平台，并在其上搭建面向古城利用、保护、业务管理及公共服务的智慧应用系统。项目成果对保护传承古城优秀历史文化遗产，展现古城魅力具有积极的意义。

2. 科技含量

2.1. 总体思路

本项目主要目的是整合无人机遥感技术，三维实景处理技术及智能感知技术，构建一个体系化的古城精准保护综合管理平台。本项目选题是针对古城风貌和资源留取、表达、共享、管理难等问题，进行关键技术攻关，对三维实景数据的采集、处理、建模、感知和应用等环节存在的疑难问题进行系统性研究；提高三维实景数据的精细化程度，优化海量三维实景数据组织与渲染调度方法，研究古城智能感知技术，打造一个多尺度信息融合的数字化古城。

2.2. 技术方案与创新成果

本课题中，我们将主要的研究内容分为四个部分。

（1）基于高性能低空遥感平台的多尺度数据采集及预处理

主要研究基于精细三维地形的无人机变高航线方法（专利号：201810017165.8）、无人机影像定姿定位方法（专利号：201810223815.4）、基于海量点云数据的组织

与可视化方法（专利号：201910563858.1）、基于插值算法的图像处理方法（专利号：201910522801.7）及数字地形模型的生成方法（专利号：201910562783.5），显著提高了数据的采集精度和完整性，提升了自动化采集水平，为古城保护提供多元化数据。

（2）多源数据融合的精细化建模与管理

主要研究针对倾斜摄影三维实景建模过程中产生的数据处理方法（专利号：201910638956.7）、海量三维实景数据快速可视化的层级构建方法（专利号：201911015553.3）、室内外实景三维的一体化融合方法、城市三维实景数据的网格化编码方法（专利号：201911058081.X）、实景三维数据的脱密方法（专利号：201911265401.9），形成一套室内外的高精度三维实景数据的标准化生产软件Pop3D（软著登记号：2020SR0194097）。

（3）古城保护与管控的智能感知

主要研究用于旋翼飞机的视觉跟踪系统（软著登记号：2017SR386586）、基于监控视频的人脸识别和点云融合的空间定位方法（专利号：201911015074.1）、基于影像识别和点云定位的室内POI自动创建方法、实景三维地物目标的识别及提取（软著登记号：2020SR0296189）、基于三维实景数据的建筑物高度提取方法（软著登记号：2020101389101），提供立体化的古城信息感知方式，为精细化保护和管控奠定基础。

（4）古城精准保护信息管理系统

在综合运用上述关键技术研究成果基础上，课题组研发了古城精准保护信息管理系统（软著登记号：2019SR1205942），实现实景三维数据与二维栅格图片的展示平台及其联动方法（专利号：201911411050.8）、基于Unity3D的三维可视化实景展示方法（专利号：201711065860.3）；为进一步深化室内数字化服务，研发了PopIndoor室内实景三维地图服务系统（软著登记号：2018SR430807）和PopNavigation室内导航服务系统（2018SR431120），整体上实现古城保护管理、运营、修缮机制，形成全面完善、具有前瞻性的保护措施。

项目建设同时也取得了一系列知识产权成果，其中专利13项，软件著作权6项。

2.3. 实施效果

通过对低空遥感平台的数据采集、影像预处理、多源数据融合到智能感知等环节存在的疑难问题的系统性研究。实现了高精度古城数字孪生复制，对于关键景点、重点建筑三维实景数据的精度可优于8mm，通过室内激光点云和全景的融合技术，让室内实景测量达到了5mm的超高精度。提出了多源三维实景数据的标准化生产和管理流程，运用大场景瓦片体系层级构建、网格纹理优化及分布式云存储等技术手段，实现在高并发条件下三维实景数据服务加载时间为2到3s，同时成功地将不同精度三维实景数据无缝融合。通过深化智能感知技术研究，从宏观上实现地物目标的自动提取、无人机的视觉跟踪，微观上实现数字化视频监控，建立了一套古城的立体化信息感知方式。在综合上述技术基础上，建立了古城精准保护信息管理系统，形成一个“古城大脑”，极大提高政府部门对古城的管理水平，技术上达到了项目预期目标。

古城精准保护信息管理系统建成之后，在绍兴等地区得到良好的推广应用，服务于古城利用、保护、业务管理及公共服务等智慧应用，为古城的管理、保护和开发利用提供决策服务，实现古城空间资源、行业资源、社会经济资源、人文资源的融合及管理，目前已产生直接经济效益1432万元，经济社会效益显著。

绍兴古城保护利用信息管理系统，以数字孪生、物联网、云计算、实景三维、大数据等技术为支撑，基于“一张图”理念，构建古城数据资源中心与信息服务平台，建设古城数字化“大脑”，实现绍兴古城的数字孪生复制，既满足古城管理部门的日常业务需求，又可以更好的向社会公众宣传、展示绍兴历史名城特色。

3. 创新点

3.1. 基于精细三维地形的无人机变高航线方法（专利号：201810017165.8）

从拍摄图像中提取高程数据，根据变高约束生成航线数据，实现按地形变高飞行，提供一致的地面分辨率，降低内业影像匹配难度。

3.2. 无人机影像定姿定位方法（专利号：201810223815.4）

根据相机内参对影像进行畸变纠正，利用机载POS数据进行精确匹配，采用区域增长方式进行全局优化重建，获得无人机影像的精确位置和姿态。

3.3. 基于海量点云数据的组织与可视化方法（专利号：201910563858.1）

通过构建点云数据的八叉树索引结构，为达到内存阈值的索引内容建立新索引，这种索引文件更新方式可以实现快速渲染与交互。

3.4. 基于插值算法的图像处理方法（专利号：201910522801.7）

根据预设分辨率将点云数据网格化并进行高程排序，利用维度栅格化获得参考高程，计算三维空间的权重进行反距离权重插值，生成整齐的三维图像。

3.5. 数字地形模型的生成方法（专利号：201910562783.5）

通过对预设影像层进行滤波处理确定非地形区域，内插每个像素点的高程值生成非地表元素掩模，实现数字地形模型的自动化生成。

3.6. 针对倾斜摄影三维实景建模过程中产生的数据处理方法（专利号：201910638956.7）

按采集区域大小自动分配存储空间，根据采集数据总量，按需分配计算引擎，减少人为因素的干预，提高了工作效率。

3.7. 海量三维实景数据快速可视化的层级构建方法（专利号：201911015553.3）

实景三维数据按层级进行三角网简化及纹理优化，通过重构拓扑关系，压缩网格及纹理，实现海量实景三维模型的快速加载。

3.8. 城市三维实景数据的网格化编码方法（专利号：201911058081.X）

倾斜摄影数据按地理位置自动分割、编码及索引，实现倾斜数据瓦片的快速更新、LOD层级快速加载及二三维数据联动。

3.9. 实景三维数据的脱密方法（专利号：201911265401.9）

通过伪随机算法生成全球高程异常模型结合火星坐标系，对三维实景数据坐标进行脱密处理。

3.10. 基于监控视频的人脸识别和点云融合的空间定位方法（专利号：201911015074.

1)

通过建立摄像头像素信息与点云空间的坐标映射关系，利用人脸识别技术对“人”进行定位，可以应用于各种场所的识别及追踪。

4. 保密方面

本项目研究关键技术成果均为研究单位商业机密，没有研究单位授权，不得公开。

5. 国际比较

5.1. 基于高性能低空遥感平台的多尺度数据采集及预处理技术研究情况比较

虽然国内航测无人机起步较早，但是其发展速度还达不到日益严苛的行业需求：长续航时间、支持各种类型的传感器、支持自定义飞行模式、高自动化程度（智能避障）等。本项目针对古城数据采集过程中存在的痛点，研发了基于高精度地形的飞行控制技术，通过高精度定姿定位方法获取最佳的影像和点云等数据，以保证后续建模的精度和质量。

5.2. 多源数据融合的精细化建模与管理技术研究情况比较

历史文化名城中存在大量需要精细化建模的古建、古树等对象，如何将不同尺度表达的数字化成果进行有机融合、管理和应用是当前的研究热点和难点。王茹博士（2010）提出采用人工测量、激光扫描和二维影像三大方式来进行古建筑数字化，然后通过参数化建模方法来提高三维重建的效率，但是依然存在不同尺度的数字化成果难以统一的问题。本项目综合利用SLAM、倾斜摄影测量、贴近摄影测量技术，进一步提高数字化的精细度，然后采用层级构建和空间编码方法，实现室内外不同尺度的三维实景模型的统一管理。

5.3. 面向古城保护与管控的智能感知技术研究情况比较

现有智慧城市基础设施仅仅能提供原始的非结构化数据，这些非结构化数据对于大数据应用来说可利用价值不高，有很多无用信息，很难进行数据关联分析，因此智能感知技术需要提供可识别的结构化数据，以便实现更高层次的碰撞、分析和利用，来丰富研判条件，提升分析准确性。智能感知技术作为新一代信息技术，不仅对数据收集提出了更高的要求，同时还表现在数据应用的方式上，传统二维地图由于其高度概括性、抽象性，已经很难满足日益增长的精致化管控需求。本项目从现有技术水平入手结合古城的发展现状，提出了新的数据感知方式，同时把实景三维模型和智能感知技术融合一起，为古城的数字化管控奠定基础。

四、推广应用情况

1、推广、应用情况及社会评价（限 2000字）

古城精准保护信息管理系统建成之后，在绍兴等地区得到良好的推广应用，服务于古城利用、保护、业务管理及公共服务的智慧应用系统，为古城的管理、保护和开发利用提供决策服务，实现古城空间资源、行业资源、社会经济资源、人文资源的融合及管理，目前已产生直接经济效益1432万元，经济社会效益显著。

绍兴古城保护利用信息管理系统，以数字孪生、物联网、云计算、实景三维、大数据等技术为支撑，基于“一张图”理念，构建古城数据资源中心与信息服务平台，建设古城数字化“大脑”，实现绍兴古城的数字孪生复制，实现对绍兴古城资源的统一汇总、展示、查询、管理，对古城历史和保护对象做到“心中有数”，既满足古城管理部门的日常业务需求，又可以更好的向社会公众宣传、展示绍兴历史名城特色。

上虞市实景三维地图与示范应用建设项目，系利用室内实景地图、城市实景三维、SLAM、虚拟现实、建筑信息模型等新型测绘技术和成果建设典型应用，进一步丰富了智慧上虞时空信息云平台成果类型和服务形式，提升了智慧上虞时空信息云平台对区级各有关部门在历史建筑保护、城市规划、安全应急等方面的服务水平和保障能力。

我国现有134座历史文化名城，每座古城在漫长岁月中形成了独特的历史背景和文化底蕴，延续传统格局和历史风貌，维护历史文化遗产的真实性和完整性，通过真实的、深层的和自然的形式去展现一座具有历史韵味的古城。以无人机倾斜摄影、贴近摄影测量、SLAM、激光扫描、全景影像、虚拟现实等为代表的新型实景三维技术全面真实的记录了古城整体风貌。通过三维数字化技术加强对古城的保护和利用，加快古城内产业结构的转型升级，持续深入挖掘古城旅游资源，实现古城管理的科学化、规范化。

宝略科技（浙江）有限公司在保护历史文化古城传承的使命下，紧密贴合古城保护的建设需求，对高精度古城实景三维从采集、预处理、融合到感知等环节存在的疑难问题进行系统性的研究，并在研究成果基础上搭建古城精准保护信息管理系统，实现了古城保护管理、运营、修缮机制，形成全面完善、具有前瞻性的保护措施。通过实古城的数字化管理，推进古城合理开发利用，实现可持续性发展，服务于政府部门和社会公众，具有广阔的推广前景。